

ANÁLISE DO CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA DE UM TÚNEL DE CONGELAMENTO DE AVES COM CAPACIDADE DE 35 TONELADAS

Marcos Duran Pereira 1 (Universidade Federal do Paraná) E-mail: marcos.duran@ufpr.br
Aline Silva de Oliveira 2 (Universidade Federal de Pernambuco) E-mail: guriaaline@gmail.com

Resumo: Os túneis de congelamento são amplamente utilizados no segmento da refrigeração industrial a fim de acelerar as trocas térmicas e realizar o rebaixamento da temperatura de variados produtos alimentícios, conseguindo-se preservar por mais tempo às suas respectivas propriedades de cor, sabor e aroma desejáveis para o consumo humano. Para se dimensionar com maior grau de precisão as capacidades dos equipamentos que compõem um ciclo de refrigeração industrial, se faz necessário compreender o que é a carga térmica e como a utilizar. Este trabalho teve o propósito de calcular a carga térmica total de um túnel de congelamento de aves do tipo estático, com capacidade de 35 000 kg, com um tempo de retenção de 12 h, em um abatedouro de aves localizado em Santa Izabel do Pará/PA, verificar as principais fontes de carga térmica e comparar o resultado do cálculo teórico com a capacidade frigorífica dos resfriadores de ar (evaporadores) existentes no respectivo túnel. Através de uma pesquisa de campo em visitas realizadas ao frigorífico entre o segundo semestre de 2019 e o primeiro semestre de 2021 e de uma pesquisa bibliográfica exploratória, analisaram-se especificamente os fatores de infiltração, penetração, produtos e diversos. Os resultados indicaram que a carga térmica total calculada foi no valor de 297 301,7095 kcal/h e chegou-se a conclusão que o fator do produto é o de maior contribuição com 80,28% e que os evaporadores existentes eram cerca de 14,65% maiores em capacidade do que o cálculo teórico realizado neste trabalho.

Palavras-chave: Abatedouro de Aves, Capacidade Frigorífica, Carga Térmica, Refrigeração Industrial, Túnel de Congelamento.

ANALYSIS OF THE THERMAL LOAD CALCULATION OF A BIRD FREEZING TUNNEL WITH A 35 TON CAPACITY

Abstract: The freezing tunnels are widely used in the industrial refrigeration segment in order to accelerate thermal exchanges and lower the temperature of various food products, managing to preserve their desirable color, flavor and aroma properties for longer periods of time. human consumption. In order to dimension the capacities of the equipment that make up an industrial refrigeration cycle with a greater degree of precision, it is necessary to understand what the thermal load is and how to use it. This work had the purpose of calculating the total thermal load of a static freezing tunnel for birds, with a capacity of 35,000 kg, with a retention time of 12 h, in a poultry slaughterhouse located in Santa Izabel do Pará / PA , check the main sources of thermal load and compare the result of the theoretical calculation with the cooling capacity of the air coolers (evaporators) in the respective tunnel. Through field research on visits to the slaughterhouse between the second semester of 2019 and the first semester of 2021 and an exploratory bibliographic research, the factors of infiltration, penetration, products and miscellaneous were specifically analyzed. The results indicated that the total thermal load calculated was 297 301.7095 kcal / h and it was concluded that the product factor is the biggest contributor with 80.28% and that the existing evaporators were around 14, 65% higher in capacity than the theoretical calculation performed in this work.

Keywords: Poultry Slaughterhouse, Refrigeration Capacity, Thermal Load, Industrial Refrigeration, Freezing Tunnel.

1. Introdução

O controle da temperatura é o mecanismo mais eficaz para se conter a taxa de crescimento de microrganismos como bactérias, leveduras e fungos nos alimentos. Através do congelamento, que é a solidificação principalmente da água contida nos nutrientes em temperaturas entre -18°C e -35°C , se consegue armazená-los e manter as propriedades nutritivas por vários meses, dependendo do tipo do perecível (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

O Brasil possui protagonismo no cenário de produção e congelamento de carne. Especificamente no segmento avícola, conforme a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), o país é o segundo maior produtor de carne de frango do mundo com cerca de 13 245 mil toneladas produzidas em 2019 e é o maior exportador com 4 214 mil toneladas, também em 2019. Carne esta que, na maioria das vezes, deve ser congelada para seguir para o transporte e distribuição.

Um dos sistemas mais utilizados para o congelamento de alimentos na indústria frigorífica é o túnel de congelamento que, baseado em Santos (2005), é o ambiente onde ocorre grande transferência de calor convectiva pelo ar forçado através dos ventiladores dos evaporadores, de maneira turbulenta e em um curto intervalo de tempo (regime transiente).

Para se dimensionar adequadamente os equipamentos frigoríficos para a concepção de um túnel de congelamento industrial, em que se evita subdimensioná-los, pois comprometeria a eficiência da instalação e igualmente se evita superdimensioná-los, o que acarretaria o desperdício econômico, se faz necessário entender e aplicar o conceito de carga térmica, que é a quantidade de calor por unidade de tempo que se deve retirar ou fornecer à uma zona térmica (ambiente e/ou produto) para se alcançar uma determinada temperatura (ROCHA; ALMEIDA, 2010).

Desta forma, este trabalho propõe-se a calcular a carga térmica de um túnel de congelamento industrial de aves e comparar os resultados obtidos à capacidade especificada do fabricante dos equipamentos frigoríficos existentes neste mesmo túnel em estudo, tendo a motivação adicional a de analisar os fatores que mais influenciam no respectivo cálculo em relação às suas devidas participações, a saber: penetração, infiltração, produto e diversos.

Este trabalho tem igualmente a finalidade de agregar conhecimento aos estudos já realizados no campo da refrigeração industrial, haja visto que há uma predominância considerável de estudos em condicionamento de ar para conforto térmico em detrimento à refrigeração industrial, pois este último segmento possui particularidades específicas, encontrando-se aí uma oportunidade de aprofundamento de pesquisa (STOECKER; JABARDO, 2018).

2. Revisão de literatura

Este capítulo traz uma revisão bibliográfica dos conceitos básicos para se calcular a carga térmica de um túnel de congelamento de aves através dos fatores de influência, a saber: infiltração, penetração, diversos e produto.

2.1 Carga térmica

Para se calcular a carga térmica de um túnel de congelamento de aves, deve-se levar em consideração quatro fatores principais, a saber: penetração, produto, infiltração e fatores diversos. O somatório destas quatro cargas individuais será equivalente à carga térmica total necessária a se remover para se atingir a temperatura desejada, conforme Equação 1 (LONCAN, 2019):

$$Q_t = Q_a + Q_h + Q_p + Q_d \quad (1)$$

Sendo Q_t a carga térmica total em kcal/h, Q_a a carga térmica parcial de infiltração em kcal/h, Q_h a carga térmica parcial pelo produto em kcal/h, Q_p a carga térmica parcial de penetração em kcal/h e Q_d a carga térmica parcial por fatores diversos em kcal/h.

2.1.1. Penetração

De acordo com Beites (2013), a penetração se refere à transmissão de calor por condução no sentido do exterior para o interior através de toda a superfície das paredes, teto e piso do ambiente refrigerado. Eventualmente é chamada de carga de dispersão da parede e é um fator que está diretamente associado ao tipo de isolamento utilizado, causando maior ou menor resistência à passagem do calor, dependendo de suas propriedades, ou seja, de sua condutividade térmica (DOSSAT, 2004). Igualmente as áreas de troca térmica, a espessura de isolamento e o diferencial de temperatura do ar externo para o interno, influenciam na carga parcial de penetração.

Concordante com Loncan (2019), pode-se calcular a carga térmica por penetração pela Equação 2:

$$Q_p = (S_{teto} + S_{piso} + S_{paredes}) \cdot \left(\frac{K_i}{e_i}\right) \cdot (t_e - t_i) \quad (2)$$

Considerando Q_p a carga térmica por penetração em kcal/h, S_{teto} a superfície total do teto em m^2 , S_{piso} como a superfície total do piso em m^2 , $S_{paredes}$ a superfície total das paredes em m^2 , K_i como a condutividade térmica do material isolante em kcal/hm°C, e_i a espessura de isolamento em m, t_e a temperatura externa em °C e t_i a temperatura interna em °C.

2.1.2. Produto

A parcela do produto corresponde justamente ao calor que se deve retirar do produto que adentra ao túnel para que se atinja a temperatura final requerida. As propriedades térmicas dos alimentos não vivos são individuais e dependem diretamente da composição química e da temperatura. Destarte, estão relacionadas ao calor específico, entalpia, condutividade térmica e difusidade térmica dos constituintes comumente

encontrados tais como água, proteínas, gorduras, carboidratos e fibras (ASHRAE FUNDAMENTALS, 2017).

Pode-se subdivir este fator em três etapas, a saber: um calor sensível que corresponde à transferência de calor da entrada do produto até o seu respectivo ponto de congelamento, o calor latente de mudança de fase para o congelamento e mais uma etapa de calor sensível que se refere à transferência de calor do instante de congelamento até à sua temperatura final.

Loncan (2019) estabelece que se calcula a carga térmica pelo produto pela Equação 3:

$$Qh = \frac{m \cdot [c (ti - tc) + r + c' (tc - tf)]}{\tau} \quad (3)$$

Em que Q_h é a carga térmica pelo produto em kcal/h, m a massa de produto a se refrigerar em kg, c o calor específico do produto antes do congelamento em kcal/kg°C, c' o calor específico do produto depois do congelamento em kcal/kg°C, r o calor latente de congelamento do produto em kcal/kg°C, ti a temperatura inicial do produto em °C, tc a temperatura de congelamento do produto em °C, tf a temperatura final do produto em °C e τ o tempo estabelecido para o processo em h.

2.1.3 Infiltração

A carga térmica de infiltração equivale a quantidade de calor que acaba infiltrando pelas aberturas do ambiente, especialmente pelas portas frigoríficas durante o processo de congelamento. É neste momento que há renovação de ar mais quente provindo do exterior e este ar também necessita ser refrigerado (ARAÚJO, 2018).

Conforme Loncan (2019), pode-se subdivir o cálculo da parcela de infiltração em duas partes. Inicialmente, calcula-se o índice de renovações pela Equação 4, que muitas vezes é chamado de número de renovações:

$$n = \frac{3 \cdot p \cdot Sp \cdot \tau p}{(V)^{0,5}} \quad (4)$$

Onde n é o índice de renovação do ar externo em renovações/h, p o número de portas, Sp a seção do vão livre de cada porta em m², τp o tempo de abertura de cada porta em h, V o volume do túnel de congelamento em m³.

Após se encontrar o índice de renovações do ar externo, tem-se a capacidade de se calcular enfim a parcela de infiltração pela Equação 5:

$$Qa = n \cdot V \cdot (He - Hi) \cdot \gamma e \quad (5)$$

Em que Q_a é a carga térmica pela infiltração de ar externo em kcal/h, n o índice de renovação do ar externo em renovações/h, V o volume do túnel de congelamento em m³, H_e a entalpia do ar externo em kcal/kg, H_i a entalpia do ar interno em kcal/kg e γe o peso específico do ar externo em kg/m³.

2.1.4 Diversos

Fatores diversos são as outras fontes restantes de geração de calor ao ambiente, em que destacam-se o calor da iluminação, o calor dos motores dos próprios evaporadores no interior do túnel e eventualmente o calor gerado pela estiva de trabalhadores, caso o túnel esteja ligado durante o carregamento do mesmo (COSTA, 2018).

Loncan (2019) sugere, através da Equação 6, a maneira de calcular a carga térmica parcial de iluminação, que é função direta da potência de iluminação instalada ou a se instalar quando o túnel de congelamento estiver operando:

$$Q_i = W \cdot 0,86 \quad (6)$$

Sendo Q_i a carga térmica pela iluminação em kcal/h e W a potência de iluminação instalada em W.

Conforme Borré (2013), os motores elétricos dos ventiladores dos evaporadores, quando estão em atividade, dissipam calor sensível ao ambiente, pois sempre há perdas nos enrolamentos. Embora sejam equipamentos que possuem a finalidade de retirar calor, acabam também gerando uma parcela do mesmo, sendo a mais relevante nos fatores diversos e dependente da potência instalada.

De maneira simplificada, é possível calcular a carga térmica parcial gerada pelos motores elétricos através da Equação 7:

$$Q_m = \left(\frac{CV}{FS}\right) \cdot 632 \quad (7)$$

Em que Q_m é a carga térmica pelos motores em kcal/h, CV a potência instalada em motores ou resistências elétricas em CV e FS o fator de segurança adotado na seleção dos motores, sem unidade de medida.

Para finalizar a carga térmica oriunda de fatores diversos, tem-se ocasionalmente a geração de calor pelas pessoas que trabalham realizando esforço físico na estiva por um determinado tempo no túnel de congelamento, caso esta operação seja realizada com os equipamentos em operação. Esta geração é o somatório do calor latente e sensível liberados pelas pessoas (PETRY, 2012).

Melo (2018) estabelece o cálculo do calor gerado pelas pessoas pela Equação 8:

$$Q_{pe} = N \cdot q_{met} \cdot t \quad (8)$$

Sendo Q_{pe} a carga térmica parcial pelas pessoas em kcal/h, N o número de pessoas, q_{met} o calor liberado pelo metabolismo em determinada temperatura em kcal/h.pessoa e t o tempo de permanência das pessoas no ambiente em h.

Chega-se à carga térmica por fatores diversos combinando o calor gerado pela iluminação, pelos motores e pelas pessoas, conforme Equação 9:

$$Q_d = Q_i + Q_m + Q_{pe} \quad (9)$$

Onde Q_d é a carga térmica por fatores diversos em kcal/h, Q_i a carga térmica pela iluminação em kcal/h, Q_m a carga térmica pelos motores em kcal/h e Q_{pe} a carga térmica pelas pessoas em kcal/h.

3. Metodologia

Foi realizada uma pesquisa de campo com algumas visitas ao abatedouro de aves localizado na cidade de Santa Izabel do Pará/PA, entre o segundo semestre de 2019 e o primeiro semestre de 2021, em que foram coletados diretamente do frigorífico os dados práticos necessários para aplicar nas equações e outras informações foram especificadas conforme a pesquisa bibliográfica.

3.1 Carga térmica total

A carga térmica total foi calculada através da Equação 1, em que somou-se as cargas térmicas parciais de penetração, produto, infiltração e diversos.

3.1.1 Penetração

Foi utilizada a Equação 2, em que as superfícies do teto (S_{teto}), piso (S_{piso}) e paredes ($S_{paredes}$) consideradas respectivamente foram de 95,3150 m², 95,3150 m² e 205,4700 m². O túnel analisado neste trabalho é nomeado de “túnel de congelamento 1” e fica na extremidade do frigorífico, tendo outro túnel de congelamento ao lado, as duas portas tendo como exterior duas antecâmaras de acesso e uma parede lateral tendo como exterior o ar da rua.

Para tanto, foi realizado o cálculo da penetração tendo duas temperaturas externas (t_e): de -23°C do túnel imediatamente ao lado e +35°C para as demais considerações, além da temperatura interna (t_i) de -23°C.

A condutividade térmica do material isolante (K_i) considerada foi a de 0,03009 kcal/hm°C, tendo como base o poliestireno expandido (EPS) verificado em Alimena (2009). A espessura de isolamento (e_i) verificada em campo foi de 200 mm.

3.1.2 Produto

Para o cálculo da carga térmica do produto (Q_h), foi utilizada a Equação 3, sendo a massa de produto (m) 35 000 kg de frango, conforme especificação fornecida pelo setor de produção e conferida pela quantidade de 1 750 caixas de 20 kg cada. O produto já processado, embalado e postos em prateleiras metálicas para o congelamento, podem ser visualizados na Figura 1:



Figura 1 – Produto em caixas para congelamento

Adicionalmente, foram verificadas em campo e com o setor de produção do abatedouro a temperatura de entrada do frango (t_i) de $+10^{\circ}\text{C}$, temperatura final (t_f) de -23°C e tempo de congelamento (τ) de 12 h. O produto entra à $+10^{\circ}\text{C}$ no túnel de congelamento deste abatedouro, pois ele passa por chillers de água gelada anteriormente à embalagem.

Os calores específicos de antes (c) e depois do congelamento (c') do frango ($1,0366 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ e $0,7930 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$, respectivamente), assim como o calor latente (r) de $52,5461 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ e temperatura de congelamento (t_c) de $-2,8^{\circ}\text{C}$, saíram da tabela das propriedades térmicas dos alimentos do Handbook da Ashrae Refrigeration (2018).

3.1.3 Infiltração

Na carga térmica pela infiltração (Q_a), utilizaram-se as Equações 4 e 5, em que o túnel em estudo possui 2 portas (p), uma de entrada e uma de saída posicionadas nas extremidades, conforme se pressupõem na Figura 2 (túnel sem carga), a seção livre de cada porta (S_p) medida em campo de $4,32 \text{ m}^2$, haja visto que cada porta possui largura de 1,8 m e altura de 2,4 m.

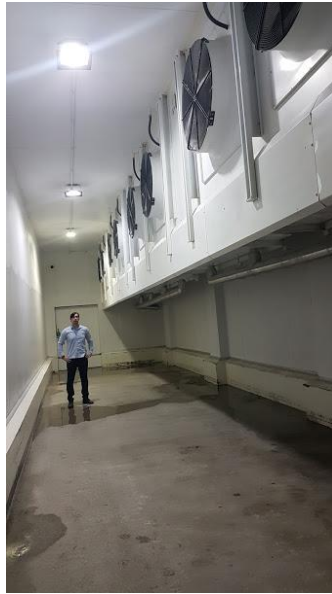


Figura 2 – Túnel de congelamento em estudo sem carga

O tempo de abertura de cada porta (τ_p) para o carregamento do túnel observado *in loco* foi de 1h, o volume (V) foi de $428,9175 \text{ m}^3$, tendo em vista que as medidas internas coletadas foram 17,33 m, 5,5 m e 4,5 m para comprimento, largura e altura, respectivamente.

As entalpias do ar externo (H_e) e interno (H_i) são nos valores respectivamente de 30,8541 kcal/kg e -5,2403 kcal/kg e foram calculadas pelo *software* Munters PsyCalc, com base em uma umidade relativa externa de 70% e temperatura de $+35^\circ\text{C}$, além de umidade relativa interna de 95%, retirada de Ashrae Refrigeration (2018) e temperatura mínima atingida pelo túnel em estudo de -23°C .

O peso específico do ar externo (γ_e) utilizado foi no valor de $1,1460 \text{ kg/m}^3$, em referência à temperatura externa considera crítica (pior cenário) de $+35^\circ\text{C}$.

3.1.4 Diversos

Para os fatores diversos (Q_d), foram utilizadas as Equações 6, 7, 8 e 9. A potência instalada de motores (CV) foi 60,83218 CV, fundamentada nos equipamentos já existentes no túnel de congelamento, a saber: 8 motores de 7,5 HP, cada um dos 4 evaporadores.

Fator de segurança (FS) de 1,2 conforme Loncan (2019), além de potência de iluminação instalada (W) de 500 w, tendo em vista que são 5 lâmpadas de 100 w cada.

Por fim, foram consideradas 2 pessoas para realizar o carregamento (N), o tempo de permanência de cada pessoa (t) de 1 h e o calor liberado pelo metabolismo de cada pessoa (q_{met}) na temperatura de -23°C de 355 kcal/h.pessoa, haja visto que o valor foi obtido através da interpolação da Tabela 1.

Tabela 1 – Calor liberado pelo metabolismo de uma pessoa conforme determinada temperatura

Temperatura (°C)	Calor de Metabolismo (kcal/h.pessoa)
≥ 10	180
4	215
-1	240
-7	265
-12	300
-18	330
-24	360

Fonte: Melo (2018)

3.2 Dados de capacidade frigorífica dos evaporadores do túnel de congelamento

Os dados de capacidade frigorífica dos evaporadores foram coletados com o setor de manutenção e também verificando pessoalmente as placas dos equipamentos no abatedouro de aves em estudo, não havendo acordo para divulgar de qual abatedouro de aves se refere especificamente.

São no total quatro evaporadores de capacidade unitária de 85 210,6621 kcal/h, totalizando 340 842,6484 kcal/h.

4. Resultados e discussões

As principais fontes de carga térmica analisadas foram de penetração, infiltração, produto e fatores diversos (LONCAN, 2019).

Através da Equação 2, chegou-se à carga térmica parcial de penetração no valor de 3 240,7603 kcal/h. Observa-se que é um valor relativamente pequeno, pois o adequado isolamento térmico de 200 mm de EPS contribui para uma maior resistência à passagem do calor externo.

Pela Equação 3, a carga térmica pelo produto obtida foi no valor de 238 677,9083 kcal/h, sendo valores elevados de carga térmica pelo produto são normalmente esperados, haja visto que há uma abrupta variação de temperatura do produto em um curto intervalo de tempo.

O número de renovações calculado pela Equação 4 foi de 1,2552 e a carga térmica pela infiltração alcançada pela Equação 5 foi de 22 204,7594 kcal/h. Embora não seja um valor desprezível, a carga térmica pela infiltração seria muito maior caso fosse em uma câmara de estocagem de congelados, pois o tempo de abertura de portas é muito maior do que em um túnel de congelamento (LONCAN, 2019).

Com a Equação 6, a carga térmica de iluminação foi de 430 kcal/h. Observa-se que é um valor muito pequeno em comparação aos demais fatores.

A carga parcial pelos motores foi calculada pela Equação 7 e ficou no valor de 32 038,2814 kcal/h. Este fator parcial é geralmente o maior valor da carga térmica dos fatores diversos, pois os motores dos evaporadores são de grande porte e conseqüentemente emitem uma quantidade elevada de calor.

Já a carga de calor emitida pelas pessoas calculada pela Equação 8 foi de 710 kcal/h. Por se tratar de uma quantidade reduzida de pessoas e um curto intervalo de retenção

destes trabalhadores no túnel de congelamento, a carga térmica pelas pessoas foi de valor reduzido. Diferentemente seria se fosse uma área de produção, por exemplo, em que há um número muito maior de pessoas e intervalo de tempo igualmente superior.

Pela Equação 9, chega-se à carga térmica parcial dos fatores diversos de 33 178,2814 kcal/h. Observa-se que a carga térmica por fatores diversos possui um valor considerável, pois em um túnel de congelamento se tem uma grande variação de temperatura em um curto intervalo de tempo, isso faz com que a potência dos motores elétricos dos evaporadores seja elevada, conseqüentemente a emissão de calor seja maior.

Pela Equação 1, chegou-se à carga térmica total de 297 301,7095 kcal/h para o túnel de congelamento em estudo. Através dos resultados obtidos, fez-se um gráfico da Figura 3 com a participação percentual de cada carga térmica parcial.

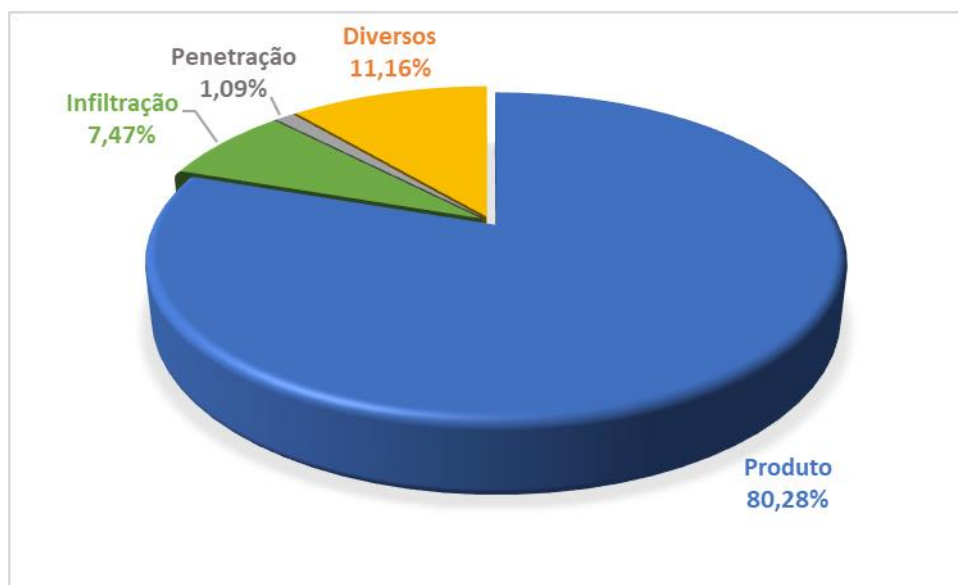


Figura 3 – Participação percentual de cada carga térmica parcial

A Tabela 2 apresenta os valores resultantes de cada carga térmica parcial calculada neste trabalho para o túnel de congelamento de aves.

Tabela 2 – Valores das cargas térmicas parciais calculadas para o túnel de congelamento

Fator de carga térmica	Valor (kcal/h)
Produto	238677,9083
Infiltração	22204,7594
Penetração	3240,7603
Diversos	33178,2814
Total	297301,7095

Fonte: O autor (2021)

Comparando a carga térmica calculada teoricamente com a capacidade frigorífica total

dos evaporadores existentes de 340 842,6484 kcal/h, observa-se que a capacidade dos equipamentos é cerca de 14,65% maior que o cálculo teórico. Esta capacidade frigorífica superior já era esperada, pois conforme Rocha e Almeida (2010), se coloca normalmente algo em torno de 10% a mais de capacidade como um fator de segurança.

5. Conclusões

Depois de se calcular a carga térmica do túnel de congelamento de aves com capacidade de 35 000 kg, o valor resultante total foi de 297 301,7095 kcal/h, verificando-se que as principais fontes de carga térmica são pela infiltração do ar externo com 7,47%, penetração com 1,09%, fatores diversos com 11,16% e principalmente o produto que participou com cerca de 238 677,9083 kcal/h, o que corresponde à 80,28% da carga térmica total.

Por fim, se comparou o cálculo teórico com a capacidade frigorífica existente dos evaporadores instalados no túnel de congelamento, em que este último é cerca de 14,65% maior, portanto subtendendo-se que já há um fator de segurança incluso, como tradicionalmente os consultores de projetos de refrigeração industrial fazem ao dimensionar equipamentos neste segmento, ficando próximo dos 10%.

Referências

ALIMENA, L. A. M. *Estudo comparativo do coeficiente de condutividade térmica de espuma rígida de poliuretano obtida por reciclagem mecânica e química*. Dissertação (Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, Porto Alegre, 2009.

ARAÚJO, M. C. *Análise comparativa entre a capacidade frigorífica e carga térmica de armazéns climatizados*. Monografia (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Uberlândia, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, ABPA. *Relatório anual 2020*. Disponível em: < <https://abpa-br.org/mercados/> > Acesso em: 22 Fev. de 2021.

ASHRAE FUNDAMENTALS. *Ashrae Handbook - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers SI edition*. Atlanta: Amer Society of Heating, 2017.

ASHRAE REFRIGERATION. *Ashrae Handbook – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*. SI edition. Atlanta, 2018.

BEITES, R. P. L. *Concepção de uma instalação frigorífica com atmosfera controlada para a conservação de uvas de mesa*. Dissertação (Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Área Departamental de Engenharia Mecânica, Lisboa, 2013.

BORRÉ, R. L. *Sistema de ventilação em ambiente industrial*. Monografia (Engenharia Industrial) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Panambi, 2013.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. *Transferência de calor e massa: uma abordagem prática*. 4 ed. Porto Alegre: AMGH, p. 264-273, 2012.

COSTA, M. A. *Estudo e avaliação de um sistema de refrigeração industrial: estimativa de carga térmica e capacidade frigorífica*. Monografia (Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns, 2018.

DOSSAT, R. J. *Princípios de refrigeração*. Houston/USA: Hemus, p. 159-160, 2004.

LONCAN, P. *Projeto de instalações frigoríficas*. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2019.

MELO, M. V. S. *Projeto de uma fábrica de peixe utilizando túnel de congelamento e câmara de estocagem com o fluido refrigerante R404A*. Monografia (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Uberlândia, 2018.

MUNTERS PSYCALC. *Psychrometric properties calculator with Ashrae Climatic Design Data*. Versão 5.2.2, Linric Company: Bedford, New Hampshire, 2013.

PETRY, F. *Avaliação do ambiente condicionado por cálculo de balanço térmico e simulação CFD*. Monografia (Engenharia Mecânica) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Panambi, 2012.

ROCHA, R. C.; ALMEIDA, R. *Desenvolvimento de ferramenta computacional em visual basic para estimativa de carga térmica segundo a NBR 16401*. Monografia (graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica, Vitória, 2010.

SANTOS, C. A. *Estudo da transferência de calor durante o congelamento de cortes em caixas de papelão ondulado*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis, 2005.

STOECKER, W. F.; JABARDO, J. M. S. *Refrigeração industrial*. 3 ed. São Paulo: Blucher, p. 17-18, 2018.